

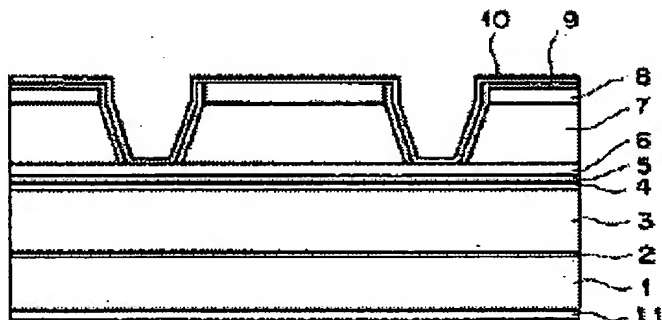
SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Patent number: JP2002217493
Publication date: 2002-08-02
Inventor: OSATO TAKESHI; FUKUNAGA TOSHIKI
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- international: H01S5/223; H01S5/343
- european:
Application number: JP20010005993 20010115
Priority number(s): JP20010005993 20010115

Report a data error here

Abstract of JP2002217493

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a vertical far-field image having high efficiency of coupling with optical elements and high reliability as for a semiconductor laser element which has an AlGaAs clad layer, an InGaP optical guide layer, and an InGaAsP active layer. **SOLUTION:** On an n-GaAs substrate 1, an n-GaAs buffer layer 2, an n-Al_x1 Ga_{1-x}1As clad layer 3, an n- or I-In_{0.49}Ga_{0.51}P light guide layer 4, an In_x2Ga_{1-x}2Sas_{1-y}2Py₂ quantum-well active layer 5, a p- or I-In_{0.49}Ga_{0.51}P lightguide layer 6, a p-Al_x3Ga_{1-x}3As clad layer 7, and p+-GaAs cap layer 8 are laminated in this order and after ridge formation, an insulation film 9, a p electrode 10, and n electrode 11 are formed. The lightguide layers are set to be $\geq 0.24 \mu\text{m}$ thickness, and the aluminum composition ratio of the upper and lower clad layers is set to 0.54 to 0.57.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-217493

(P2002-217493A)

(43) 公開日 平成14年8月2日(2002.8.2)

(51) Int.Cl.

H01S 5/223
5/343

識別記号

F I

H01S 5/223
5/343

テーマコード(参考)

5F073

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2001-5993(P2001-5993)

(22) 出願日 平成13年1月15日(2001.1.15)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 大郷 毅

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(72) 発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

Fターム(参考) 5F073 AA11 AA13 AA45 AA74 AA83

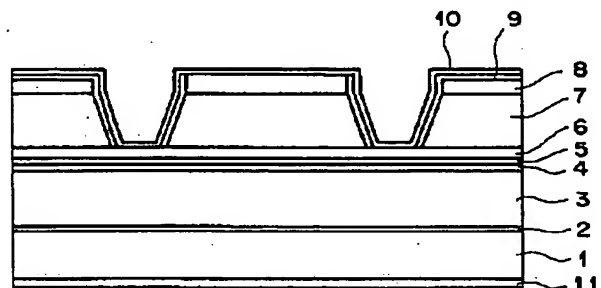
CA13 DA05 DA35 EA19 EA28

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 AlGaAsクラッド層とInGaP光ガイド層とInGaAsP活性層とを備えた半導体レーザ素子において、光学素子との結合効率が高い垂直遠視野像および高い信頼性を得る。

【解決手段】 n-GaAs基板1上に、n-GaAsバッファ層2、n-Al_{x1}Ga_{1-x1}Asクラッド層3、n-あるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P光ガイド層4、In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py₂量子井戸活性層5、p-あるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P光ガイド層6、p-Al_{x3}Ga_{1-x3}Asクラッド層7、p⁺-GaAsキャップ層8を順次積層し、リッジ形成した後、絶縁膜9、p電極10およびn電極11を形成する。各光ガイド層の厚さを0.24 μm以上とし、上部および下部クラッド層のAlの組成比を0.54以上0.57以下とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に第一導電型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 下部クラッド層、第一導電型あるいは導電性不純物が添加されていない InGaP 光ガイド層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 量子井戸活性層（ただし、 $x_2=0.49y_2\pm0.01$ 、 $0\leq x_2\leq0.3$ ）、第二導電型あるいは導電性不純物が添加されていない InGaP 光ガイド層、第二導電型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 上部クラッド層がこの順に積層されている半導体レーザ素子において、前記各光ガイド層の厚さが $0.24\mu\text{m}$ 以上であり、かつ前記下部クラッド層および上部クラッド層の Al の組成比が、 $0.54\leq x\leq0.57$ であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 垂直遠視野像の半値幅が 20 度以上 25 度以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ素子に関し、特に活性層に InGaAsP を備え、光ガイド層に InGaP を備え、クラッド層に AlGaAs を備えた半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、半導体レーザ素子の高出力化は著しく、高出力半導体レーザ素子は様々な分野での適用が望まれている。高出力すなわち高光密度における特性および信頼性が優れた半導体レーザとして、1995年発行のJapanese Journal of Applied Physics, Vol. 34, No. 9B, p. L1175において、発光領域近傍の半導体層の組成を Al フリーとすることで Al の酸化による突発故障を防止し、さらに温度特性の劣化を防止するためクラッド層に AlGaAs を採用した半導体レーザが報告されている。この半導体レーザは高出力化を実現するためにキャリア閉じ込め領域と光閉じ込め領域を別々にした、いわゆる分離閉じ込めヘテロ（SCH）構造を用いている。しかし、1つの半導体レーザからの出力はせいぜい数ワットであることから、実際には半導体レーザ素子をアレイ化することにより高出力化を図っている。このため、半導体レーザ素子からのレーザ光を集光する集光技術が重要となり、例えば個々の半導体レーザ素子からの出射光を別々の光ファイバに導入したのち多数のファイバを束ねるバンドルファイバなどの方法が用いられる。

【0003】ところが、半導体レーザ素子の出射光は楕円状断面のビームを有しており、活性層に垂直な方向の広がり角（垂直遠視野像）は通常、半値幅にて約 $30\sim40$ 度である。この広がり角ではレーザ出射光を光学レンズもしくは光ファイバのコアに結合するような応用分野においては、大きな結合損失を生じてしまうという問題がある。

【0004】SCH構造を有する半導体レーザ素子で

は、垂直遠視野像の広がり角を制御するために光ガイド層の厚さを薄くする（狭ガイド層構造）手段が多く用いられている。例えば、 GaAs 基板上に InGaAsP 量子井戸活性層と、それを挟む $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 光ガイド層および光を閉じ込めるクラッド層 $\text{Al}_{0.64}\text{Ga}_{0.36}\text{As}$ とからなるSCH構造を有し、発振波長が 809nm である半導体レーザ素子において、垂直遠視野像の半値幅と光ガイド層の厚さとの関係から、各光ガイド層の厚さを $0.08\mu\text{m}$ 以下にすると、垂直遠視野像の半値幅を外周光学系との結合効率が良い約 25 度以下となることがわかっている。しかし、さらに狭ガイド層構造を用いて広がり角を約 25 度以下にした半導体レーザ素子の場合、活性層における光パワー密度が大きくなってしまい信頼性に悪影響を及ぼすという問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みて、 GaAs 基板上に InGaAsP 量子井戸活性層と、それを挟む InGaP 光ガイド層と、光を閉じ込める AlGaAs クラッド層とからなるSCH構造を有する半導体レーザ素子において、例えば光ファイバおよび光学レンズ等の光学素子と高効率で結合できる垂直遠視野像の半値幅を有し、かつ高い信頼性を有する半導体レーザ素子を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ素子は、基板上に第一導電型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 下部クラッド層、第一導電型あるいは導電性不純物が添加されていない InGaP 光ガイド層、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 量子井戸活性層（ただし、 $x_2=0.49y_2\pm0.01$ 、 $0\leq x_2\leq0.3$ ）、第二導電型あるいは導電性不純物が添加されていない InGaP 光ガイド層、第二導電型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 上部クラッド層がこの順に積層されている半導体レーザ素子において、各光ガイド層の厚さが $0.24\mu\text{m}$ 以上であり、かつ下部クラッド層および上部クラッド層の Al の組成比が、 $0.54\leq x\leq0.57$ であることを特徴とするものである。

【0007】また、垂直遠視野像の半値幅は 20 度以上 25 度以下であることが望ましい。

【0008】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ素子によれば、上記のSCH構造を有する半導体レーザ素子において、各光ガイド層の厚さが $0.24\mu\text{m}$ 以上であり、かつ下部クラッド層および上部クラッド層の Al の組成比が $0.54\leq x\leq0.57$ であることにより、出力されるレーザ光の垂直遠視野像の半値幅を約 18 度から 27 度以下にすることができ、例えば光学レンズあるいは光ファイバ等の光学素子と結合する場合、結合損失を低減することができ、高効率で結合させることができる。

【0009】また、本発明は光ガイド層の厚さを $0.24\mu\text{m}$ 以上と厚くするので、活性層における光密度を低減す

ることができる。よって、高出力駆動下においても高い信頼性を得ることができる。

【0010】また、活性層にAlを用いていないため、Alの酸化による劣化を防止することができ、高い光出力限界(CODレベル)を得ることができる。

【0011】また、垂直遠視野像の半値幅が20度以上25度以下であることは、より光学素子との結合効率を高めることができるので好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0013】本発明の一実施形態による半導体レーザ素子について、その製造方法と併せて説明する。その半導体レーザ素子の断面図を図1に示す。

【0014】図1に示すように、減圧MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法により、n-GaAs基板1 ($Si = 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープ) 上に、n-GaAsバッファ層2 ($Si = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ドープ、 $0.5 \mu\text{m}$)、その上にn-Al_x1Ga_{1-x}1Asクラッド層3 ($0.54 \leq x_1 \leq 0.57$, $Si = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ドープ、 $2.0 \mu\text{m}$)、n-あるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P光ガイド層4 (厚さ $0.24 \mu\text{m}$ 以上)、In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py₂量子井戸活性層5 ($x_2 = 0.49y_2 \pm 0.01$, $0 \leq x_2 \leq 0.3$)、p-あるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P光ガイド層6 (厚さ $0.24 \mu\text{m}$ 以上)、p-Al_x3Ga_{1-x}3Asクラッド層7 ($0.54 \leq x_3 \leq 0.57$, $Zn = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ドープ、 $2.0 \mu\text{m}$)、p⁺-GaAsキャップ層8 ($Zn = 2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ドープ、 $0.2 \mu\text{m}$)を順次積層する。

【0015】次に、フォトリソグラフィと硫酸系エッチャントによる化学エッチングにより、幅 $10 \mu\text{m}$ のストライプ状の溝をベアで形成することで底の幅が $200 \mu\text{m}$ 幅のリジストライプ構造を形成する。その後、プラズマCVDによりSiO₂を絶縁膜9として形成し、フォトリソグラフィと希釈したフッ酸によるエッチングにより、メサの上面部のSiO₂をエッチング除去する。その後、p側電極10 (Ti/Pt/Ti/Pt/Au)を、蒸着および熱処理により形成し、その後、全体の厚みが $100 \mu\text{m}$ 程度になるまで基板の研磨を行う。最後にn側電極11 (AuGe/Ni/Au)を蒸着および熱処理により形成する。この試料から共振器長 1.5 mm のレーザバーをへき開により切り出し、共振器面の光出射面側が5%の反射率(低反射率コート)、後端面を95%以上の反射率(高反射率コート)となるように光学膜のコーティングを行う。その後、へき開によりチップ化して半導体レーザ素子を完成させる。

【0016】本実施の形態による半導体レーザ素子の発振波長帯入は、 809 nm である。

【0017】本実施の形態による構造は、活性層領域の原料にAlを用いていない「Alフリー系半導体レー

ザ」であることから、AlGaAsを活性層領域に用いた半導体レーザ素子と比較して光出力限界(CODレベル)が高く、暗線欠陥の進行速度が遅いという利点がある。

【0018】上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のもので記述しているが、p型の導電性の基板を用いてもよく、この場合上記すべての導電性を反対にすればよい。

【0019】上記各層の成長法としては、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法であつてもよい。また、上記実施の形態では、活性層における量子井戸を1層としているが、量子井戸を多層積層した多重量子井戸レーザとしてもよい。

【0020】次に、発振波長が 809 nm である上記の実施の形態における半導体レーザ素子において、クラッド層の組成とガイド層厚さをパラメータとしたときの垂直遠視野像の半値幅を計算により求めた。そのグラフを図2に示す。

【0021】図2に示すように、各光ガイド層の厚さが $0.24 \mu\text{m}$ 以上であつて、Al_xGa_{1-x}Asクラッド層のAl組成比 x が 0.54 以上 0.57 以下の付近では、光ガイド層の厚さの変化に対する半値幅の変化量が小さいため、半値幅を安定的に光学素子との結合率の良い約 18 度以上 27 度以下付近にすることができる。

【0022】次に、Al_xGa_{1-x}Asクラッド層のAl組成比 x が 0.57 で、各光ガイド層の厚さが $0.24 \mu\text{m}$ で、半値幅が 25 度である本発明の半導体レーザ素子と、Al_xGa_{1-x}Asクラッド層のAl組成 x が 0.64 で、各光ガイド層の厚さが $0.09 \mu\text{m}$ で、半値幅が 25 度である半導体レーザ素子の信頼性試験を実施した。試験は環境温度 25°C 、出力 2 W 、APC駆動の条件下で行った。なお、各素子のストライプ幅は $200 \mu\text{m}$ とし、光ガイド層の厚さとクラッド層の厚さの合計が $2 \mu\text{m}$ となるように設計した。その試験結果のグラフを図3および図4に示す。図3はクラッド層の組成がAl_{0.64}Ga_{0.36}Asであり、各光ガイド層の厚さが $0.09 \mu\text{m}$ である半導体レーザ素子の信頼性試験の結果を示したものであり、図4はクラッド層の組成がAl_{0.57}Ga_{0.43}Asであり、各光ガイド層の厚さが $0.24 \mu\text{m}$ である素子の信頼性試験の結果を示したものである。

【0023】図3に示すように、Alの組成比が 0.64 であり、各光ガイド層の厚さが $0.09 \mu\text{m}$ の素子においては、 1000 時間以内に発振停止する素子が見られ、発振し続けている素子においては、駆動初期の駆動電流に対して約 4% 増加しており、劣化の度合いが大きいことが解る。

【0024】一方、図4に示すように、クラッド層の組成比が 0.57 であり、各光ガイド層の厚さが $0.24 \mu\text{m}$ である素子は、駆動時間 1200 時間で駆動電流の増加が駆動初期に対して約 2% に留まっており、図3に示す半導

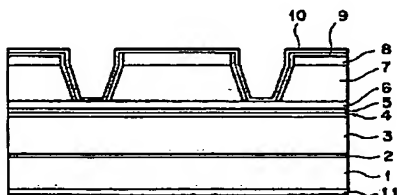
体レーザ素子と比較して劣化率が格段に低減している。また、各々の素子の劣化の度合いがほぼ一定であり、素子性能が安定していることが解る。

【0025】次に、上記実施の形態における半導体レーザ素子と同様の層構成を有する半導体レーザ素子において、クラッド層のAlの組成比を変化させた場合の、光ガイド層の厚さと d/Γ との関係について説明する。ここで、 d/Γ は量子井戸活性層の厚さ d を活性層への光閉じ込め係数 Γ で割った値である。そのグラフを図5に示す。 d/Γ の値が小さいほど活性層における光パワー密度

が高いことを表している。
【0026】図5に示すように、クラッド層が $\text{Al}_{0.64}\text{Ga}_{0.36}\text{As}$ であり、各光ガイド層が $0.09\mu\text{m}$ である狭ガイド層構造を有する従来の半導体レーザ素子では、 d/Γ の値が約 $0.48(\mu\text{m})$ と小さく、活性層における光パワー密度が高いため、劣化し易いことがわかる。一方、本発明の半導体レーザ素子のような、各光ガイド層の厚さが $0.24\mu\text{m}$ 以上で、 $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層のAl組成 x が 0.54 以上 0.57 以下付近では、 d/Γ の値は約 $0.7 \sim 1.0(\mu\text{m})$ であり、活性層における光パワー密度が

小さいため劣化が抑制されており、高い信頼性が得られていることがわかる。
【0027】よって、 InGaAsP 活性層と、それを挟む InGaP 光ガイド層および AlGaAs クラッド層とを有する半導体レーザ素子において、各光ガイド層の厚さが $0.24\mu\text{m}$ 以上であり、 $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層のAl組成 x が 0.54 以上 0.57 以下であることにより、光学素子との結合効率が高い垂直遠視野像を得ることができる。また、活性層における光パワー密度を低減できるので高い経時信頼性を得ることができる。さら

【図1】



に、垂直遠視野像の半値幅を 2.0 度以上 25 度以下とすることにより、光学素子との高い結合効率を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による半導体レーザ素子を示す断面図

【図2】クラッド層のAl組成比を変化させた場合の光ガイド層の厚さと垂直遠視野像の半値幅との関係を示すグラフ

【図3】光ガイド層の厚さが $0.09\mu\text{m}$ であり、クラッド層のAl組成が 0.64 であり、半値幅が 25 度の場合の信頼性試験結果を示すグラフ

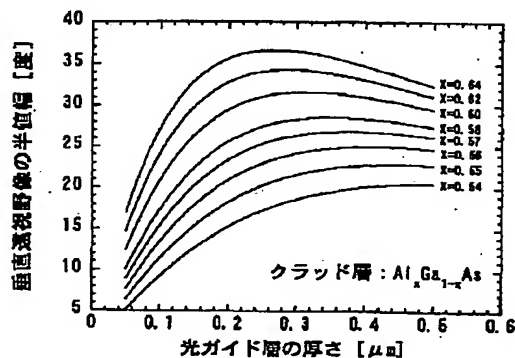
【図4】光ガイド層の厚さが $0.24\mu\text{m}$ であり、クラッド層のAl組成が 0.57 であり、半値幅が 25 度の場合の信頼性試験結果を示すグラフ

【図5】クラッド層のAl組成を変化させた場合の、光ガイド層の厚さと d/Γ との関係を示すグラフ

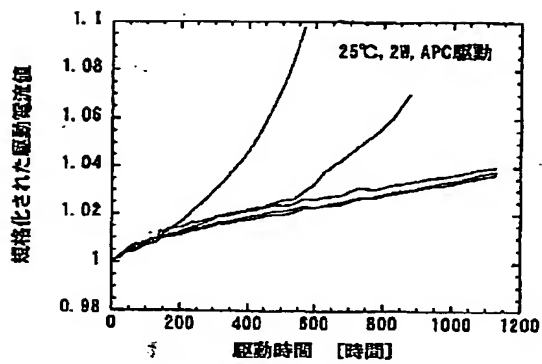
【符号の説明】

- 1 n-GaAs基板
- 2 n-GaAsバッファ層
- 3 n- $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層
- 4 n-あるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 光ガイド層
- 5 $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{P}_{y2}$ 量子井戸活性層
- 6 p-あるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 光ガイド層
- 7 p- $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ クラッド層
- 8 p+-GaAsキャップ層
- 9 絶縁膜
- 10 p側電極
- 11 n側電極

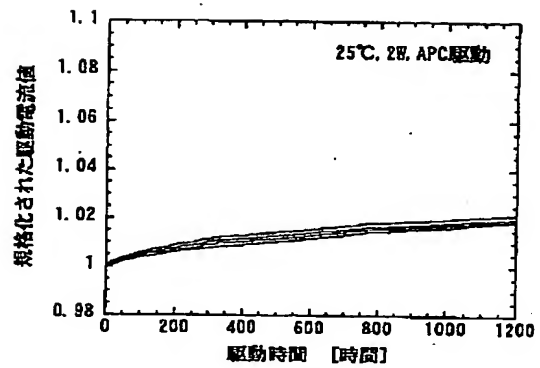
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

